



普通高等教育农业部“十二五”规划教材  
全国高等农林院校“十二五”规划教材

崔治中◎主编

☆本书经农业部教材办公室教材建设专家委员会审定  
☆本书适合动物医学（兽医）及其相关专业使用  
☆本书于2005年被评为“全国高等农业院校优秀教材”



全国高等院校兽医专业教材创新系列

# 兽医免疫学

Shouyi Mianyixue 第二版

 中国农业出版社

普通高等教育农业部“十二五”规划教材  
全国高等农林院校“十二五”规划教材

# 兽医免疫学

第二版

崔治中 主编

中国农业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

兽医免疫学 / 崔治中主编. —2 版. —北京: 中国农业出版社, 2014. 12 (2016. 6 重印)

普通高等教育农业部“十二五”规划教材 全国高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-109-20030-2

I. ①兽… II. ①崔… III. ①兽医学-免疫学-高等学校-教材 IV. ①S852.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 002259 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

策划编辑 武旭峰

文字编辑 武旭峰

北京万友印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2004 年 8 月第 1 版 2015 年 1 月第 2 版

2016 年 6 月第 2 版北京第 3 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 16

字数: 378 千字

定价: 34.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

## 第二版编审人员

主 编 崔治中

副主编 朱瑞良 秦爱建 韦 平

### 参编单位和人员

山东农业大学：崔治中、朱瑞良、常维山

扬州大学：秦爱建、孙怀昌、徐建生、成大荣

广西大学：韦 平

河南农业大学：许兰菊、魏战勇

东北农业大学：李一经

华中农业大学：石德时

西南民族大学：岳 华

四川农业大学：王 印

安徽农业大学：王桂军

主 审 刘秀梵 院士

### 参审单位和人员

扬州大学：金文杰

山西农业大学：田文霞

## 第一版编审人员

**主 编** 崔治中 崔保安

**副主编** 秦爱建

**参编单位和人员**

山东农业大学：崔治中、牛钟相、朱瑞良、常维山

河南农业大学：崔保安、许兰菊

扬州大学：秦爱建、徐建生

华中农业大学：毕丁仁、王桂枝

东北农业大学：王君伟、李一经

四川农业大学：熊 焰、蒋文灿

安徽农业大学：余为一、潘 玲

江西农业大学：谌南辉

广西大学：韦 平

**主 审** 刘秀梵（扬州大学）

**参审单位和人员**

莱阳农学院：王金宝

扬州大学：刘岳龙、徐向明

安徽农业大学：王桂军



## 第二版前言

作为我国兽医专业本科教育的教材,《兽医免疫学》第一版已出版十年有余了。在过去十年中,免疫学不管是理论研究上,还是应用领域,都有了新的发展和变化。此外,在十年的使用过程中,也陆续收到了来自教学第一线的教师们对本书的改进意见和建议。为此,在第一版的基础上做了相应的增补、修改和删节,编写了现在的第二版,作为“普通高等教育农业部‘十二五’规划教材”出版。

考虑到过去十年中,原来的主要编写专家中已有一部分退休或不再从事本科教学第一线的工作,这一版的编写人员有了很大的调整,原则上这一版的参编者都是在职且大多都在本科教学第一线的教授或副教授,以便让教材内容及深度更符合我国当前兽医专业及相关专业本科教学的现状。在编写本版教材前,来自9个不同高校的编写专家在交流各自应用第一版《兽医免疫学》的教学情况的基础上,根据农业部规划教材编写要求,就《兽医免疫学》(第二版)编写提纲草案进行了充分酝酿和讨论,特别是深入讨论了要增补、删节或修改的内容和章节。在确定编写提纲后,就不同章节的内容、深度和篇幅达成一致意见,落实各章节的编写人员。考虑到该书是本科生教材,读者对象定位于本专科院校学生,以经典免疫学内容为主,适当加入免疫学最新且已呈结论性的新进展,要简明扼要,通俗易懂。为此,编写参考书仅限于国外分别在2008、2011、2013年新出版的三本《兽医免疫学》或《家禽免疫学》,原则上不采用在学术期刊上发表的论文作为参考内容。

与第一版相比,全书在篇幅上没有明显增减,但本版的内容从25章减少到17章,这意味着对某些章节做了必要的补充,将有些章节作了简化合并,还将

在教学中很少提及的章节删除了。由于现在已专门出版了《兽医免疫学实验指导》，本书对免疫学实验部分的内容做了进一步删减，只包含各种常用免疫学实验方法的原理和用途，而不再叙述具体的做法。

本书由每个章节的主持者编写完成后，文稿分别先由编委会内部的2~3人审稿，再由三位副主编分别审阅全稿，最后交给主编统稿后，再送给主审刘秀梵院士审阅定稿。但是，由于我们水平有限，书中仍然难免存在不足，恳切希望各位读者继续提出宝贵意见，以便在再版时纠正。

编者

2014.11



## 第一版前言

近年来，兽医免疫学的理论和技术都取得了长足的发展，在生产实践和日常生活中发挥着越来越重要的作用，在高等农业院校兽医专业本科教学中越来越被重视。为了提高教学质量，进一步适应教学改革的需要，我们组织了全国9所院校的十几位具有丰富教学经验和较高科研水平的中青年教师编写了《兽医免疫学》这本教材。编写过程中，在参考其他版本的基础上，以培养复合型人才为目标，以科学、系统为原则，突出了教材的指导性和实用性。

考虑到兽医免疫学是一门系统性非常强的学科，本书全面系统地介绍了免疫学的相关理论和技术。为了增强兽医免疫学在生产中的适用性，本书介绍了抗感染免疫及免疫防治的内容。与其他版本的免疫学教材相比，本书将黏膜免疫单独列为一章，与细胞免疫和体液免疫相并列。此外，为突出兽医免疫学的特点，本书新添了各种动物的免疫学特征一章，并在免疫缺陷一章中，增加了继发性免疫缺陷特别是传染因子引起的免疫缺陷的内容。但考虑到篇幅的限制，本书没有涉及血清学反应和免疫学试验技术中有关操作过程的具体内容，只是介绍了免疫试验的工作原理及其应用范围。

作为本科生教材来说，本书内容略显多了一些，因此在使用本书作为教材时，任课教师可酌情选择内容讲解，有的章节可讲得详细一点，有的章节可简单一点，有的章节甚至在课堂上可省略不讲。鉴于近年来兽医专业研究生数量显著增多，但还没有免疫学方面的相关教材，因此本书免疫学理论的相关章节增加了一些内容，以便作为研究生的参考读物，如细胞因子、主要组织相容性复合体、抗原提呈和免疫调节等。

本书各章内容由各位编者分别编写完成后，分别经2次通信邮审和2次审



稿会集中审稿,每章至少经5~6人审阅修改。但是,由于我们水平有限,书中难免存在不足,恳切希望各位读者提出宝贵意见,以便在再版时纠正。

编者

2004年6月

# 目



第二版前言  
第一版前言

<b>第一章 绪论</b> .....	1
一、免疫及免疫学的概念 .....	1
二、免疫的基本特性和功能 .....	2
三、免疫学发展简史 .....	2
四、免疫学的分支学科 .....	7
五、免疫学在兽医学和生物学发展中的作用 .....	8
复习思考题 .....	10
<b>第二章 免疫系统</b> .....	11
<b>第一节 免疫器官和组织</b> .....	11
一、中枢免疫器官 .....	11
二、外周免疫器官 .....	15
<b>第二节 免疫细胞</b> .....	19
一、淋巴细胞 .....	20
二、树突状细胞 .....	24
三、单核-吞噬细胞系统 .....	25
四、其他免疫细胞 .....	27
<b>第三节 免疫相关分子</b> .....	28
一、抗原和抗体 .....	28
二、补体 .....	29
三、细胞因子 .....	32
四、免疫细胞膜分子 .....	33
复习思考题 .....	33
<b>第三章 抗原</b> .....	34
<b>第一节 抗原的概念及其构成条件</b> .....	34
一、抗原的概念 .....	34

二、构成抗原的条件 .....	35
第二节 抗原决定簇 .....	36
第三节 半抗原与载体现象 .....	39
第四节 抗原的类型 .....	40
第五节 重要的抗原物质 .....	42
复习思考题 .....	47
<b>第四章 免疫球蛋白</b> .....	<b>48</b>
第一节 免疫球蛋白的性质和结构 .....	48
一、抗体和免疫球蛋白的性质 .....	48
二、免疫球蛋白的结构 .....	49
第二节 免疫球蛋白的种类、特性及其生物学作用 .....	53
一、免疫球蛋白的种类、特性 .....	53
二、免疫球蛋白的生物学功能 .....	56
第三节 免疫球蛋白的抗原性及其多样性 .....	57
第四节 主要畜禽免疫球蛋白的特点 .....	58
第五节 免疫球蛋白多样性的形成 .....	60
第六节 人工制备的抗体 .....	62
一、多克隆抗体 .....	63
二、单克隆抗体 .....	63
三、基因工程抗体 .....	66
复习思考题 .....	67
<b>第五章 细胞因子及其受体</b> .....	<b>68</b>
第一节 细胞因子 .....	68
一、细胞因子的概念 .....	68
二、细胞因子的命名 .....	68
三、细胞因子的结构 .....	69
四、细胞因子的共同特点 .....	70
五、细胞因子的种类 .....	71
第二节 细胞因子的受体 .....	74
第三节 细胞因子的调节和相互作用 .....	75
第四节 细胞因子的临床应用 .....	76
复习思考题 .....	77
<b>第六章 主要组织相容性复合体</b> .....	<b>79</b>
第一节 概述 .....	79
第二节 MHC 分子结构 .....	80
一、MHC I 类分子结构 .....	80

二、MHC II类分子结构 .....	82
第三节 MHC分子与抗原肽的相互作用 .....	82
第四节 T细胞受体与MHC分子及抗原的相互作用 .....	83
第五节 不同动物MHC的基因组结构特点 .....	84
第六节 MHC的多态性与抗原递呈的遗传特异性 .....	86
第七节 动物MHC与疾病易感性及其他性状的关系 .....	88
复习思考题 .....	91
<b>第七章 先天性免疫</b> .....	<b>92</b>
第一节 机体的屏障 .....	92
第二节 参与机体先天性免疫的细胞 .....	93
第三节 正常组织和体液中的抗微生物物质 .....	96
第四节 炎症反应 .....	98
第五节 机体组织的先天不感受性 .....	98
复习思考题 .....	99
<b>第八章 抗原递呈细胞和抗原递呈</b> .....	<b>100</b>
第一节 抗原递呈细胞 .....	100
一、专职抗原递呈细胞 .....	100
二、非专职抗原递呈细胞 .....	103
第二节 抗原递呈 .....	103
一、抗原捕获 .....	103
二、抗原加工与递呈 .....	104
复习思考题 .....	105
<b>第九章 T细胞对抗原的特异性免疫应答</b> .....	<b>107</b>
第一节 概述 .....	107
第二节 T细胞对抗原的识别 .....	108
一、T细胞表面抗原受体及辅助受体 .....	109
二、协同刺激物 .....	111
三、T细胞对抗原的识别过程 .....	113
四、T细胞识别抗原的特点 .....	113
第三节 T细胞在抗原刺激下的活化过程 .....	114
一、免疫突触 .....	114
二、T细胞活化的连续触发模式 .....	114
三、细胞活化过程中的信号转导 .....	115
第四节 效应T细胞的作用 .....	117
复习思考题 .....	119

<b>第十章 B 细胞免疫应答</b> .....	120
第一节 B 细胞及其表面膜蛋白分子 .....	120
第二节 B 细胞的激活、分化和增殖 .....	122
一、B 细胞的活化 .....	122
二、B 细胞活化的分子机理 .....	122
第三节 B 细胞对抗原的免疫应答 .....	124
一、胸腺依赖性抗原 (TD) 诱导的 B 细胞免疫应答 .....	124
二、非胸腺依赖性抗原 (TI) 诱导的 B 细胞免疫应答 .....	127
第四节 免疫辅助细胞在 B 细胞免疫应答中的作用 .....	128
第五节 体液免疫反应的一般规律 .....	130
复习思考题 .....	131
<b>第十一章 黏膜免疫反应</b> .....	133
第一节 黏膜免疫系统的构成 .....	133
一、黏膜免疫系统的组织结构 .....	134
二、黏膜免疫系统的细胞组成 .....	135
第二节 黏膜免疫应答的机理 .....	136
一、黏膜免疫应答中的抗原递呈 .....	136
二、黏膜淋巴组织的免疫应答 .....	137
第三节 sIgA 与黏膜免疫反应 .....	138
第四节 黏膜疫苗与黏膜免疫 .....	141
第五节 黏膜免疫在动物疫病防控中的作用 .....	142
复习思考题 .....	143
<b>第十二章 变态反应</b> .....	144
第一节 I 型变态反应 .....	145
一、变应原 .....	145
二、致敏过程和反应机理 .....	145
三、临床表现及疾病 .....	147
四、预防与治疗 .....	148
第二节 II 型变态反应 .....	149
一、II 型变态反应发生机理 .....	149
二、临床表现及疾病 .....	149
第三节 III 型变态反应 .....	151
一、III 型变态反应发生机理 .....	151
二、临床表现及疾病 .....	151
第四节 IV 型变态反应 .....	154
一、IV 型变态反应发生机理 .....	154

二、临床表现及疾病 .....	155
复习思考题 .....	155
<b>第十三章 免疫应答的调节 .....</b>	<b>156</b>
第一节 抗原的调节作用 .....	156
第二节 免疫应答调节作用 .....	157
第三节 抗体的调节作用 .....	158
第四节 神经内分泌系统的调节作用 .....	159
复习思考题 .....	160
<b>第十四章 抗感染免疫 .....</b>	<b>161</b>
第一节 抗病毒免疫 .....	161
第二节 抗细菌和真菌免疫 .....	164
第三节 抗寄生虫免疫 .....	170
复习思考题 .....	173
<b>第十五章 免疫防治 .....</b>	<b>174</b>
第一节 抗感染中的被动免疫和主动免疫 .....	174
一、被动免疫 .....	174
二、主动免疫 .....	178
第二节 疫苗的种类及其使用 .....	179
一、疫苗的种类 .....	179
二、疫苗的使用 .....	184
第三节 免疫失败的原因及防控对策 .....	188
一、动物机体因素 .....	189
二、环境因素 .....	190
三、疫苗及免疫程序 .....	190
四、其他因素 .....	192
复习思考题 .....	193
<b>第十六章 其他临床免疫 .....</b>	<b>194</b>
第一节 自身免疫和自身免疫性疾病 .....	194
一、概述 .....	194
二、常见的自身免疫性疾病 .....	196
三、自身免疫性疾病的治疗 .....	198
第二节 移植免疫 .....	199
一、器官移植与免疫排斥 .....	199
二、器官移植排斥的类型 .....	200
三、移植排斥反应的防止 .....	201

第三节 抗肿瘤免疫 .....	202
一、肿瘤抗原的分类 .....	203
二、抗肿瘤免疫的机理 .....	203
三、肿瘤的免疫诊断 .....	204
四、肿瘤的免疫学治疗 .....	205
第四节 免疫缺陷性疾病 .....	207
复习思考题 .....	208
<b>第十七章 免疫学检测技术 .....</b>	<b>209</b>
第一节 血清学检测技术 .....	209
一、概论 .....	209
二、血清学反应的类型 .....	213
三、血清学反应在兽医学上的应用 .....	224
第二节 细胞免疫检测技术 .....	225
一、T细胞免疫检测的方法 .....	225
二、B细胞免疫检测的方法 .....	227
三、其他免疫细胞检测的方法 .....	228
四、细胞免疫活性物质的检测 .....	229
五、细胞免疫检测技术在兽医学上的应用 .....	230
复习思考题 .....	230
<b>附录 兽医免疫学常用缩略语英汉对照 .....</b>	<b>231</b>
主要参考书目 .....	242

---

# 第一章 绪 论

---

## 内 容 提 要

免疫是机体识别自己与非己异物,并能将非己异物排出体外的复杂的生理学功能。免疫学是研究机体免疫系统组织结构和生理功能的科学。免疫的基本特点包括识别自身与非自身、特异性、免疫记忆等;免疫的基本功能主要是免疫防御、免疫稳定、免疫监视。免疫学的发展经过了经验时期、经典时期及现代免疫学发展时期三个阶段。本章还概述了免疫学的分支学科以及免疫学在兽医学和生物学中的作用。

## 一、免疫及免疫学的概念

### (一) 免疫的概念

免疫 (immune) 一词来源于拉丁文 *immunis*, 其原意为“免除服役”或“免除税收”, 后来专用于人对一些传染病产生的某种抵抗力。很早以前人们就观察到了机体发生的免疫现象, 如传染病患者痊愈后, 对该病即产生不同程度的不感受性, 即抗御病原微生物在机体内的生长增殖, 解除其毒素或毒性酶等代谢产物的毒害作用。在相当长的时期内, 就将这种不感受性称为“免疫”, 意即免除感染、抗御疫病。古老的免疫概念是指机体对病原微生物的再感染有抵抗力, 而不患疫病或传染病。

随着科学的发展, 人们对更多现象的观察, 这种传统的概念逐渐发生了变化。20 世纪初, 人们观察到一些与抗感染无关的免疫现象, 如血型不符的输血引起受者的输血反应; 注射异种动物血清引起的血清病; 同种异体间组织移植发生的排斥反应; 有些物质引起的过敏反应等。免疫的概念实际上已大大地超过了抗感染的范围。近 30 年来, 免疫学理论系统逐渐形成, 对免疫功能的类型特点及其对机体的影响、免疫应答的发生及其机制等诸多问题有了更为全面的认识。现代免疫的概念是指机体识别自己与非己异物, 并能将非己异物排出体外的复杂的生理学功能。免疫对机体的影响具有二重性: 正常情况下, 这种生理功能对机体有益, 可产生抗感染、抗肿瘤等维持机体生理平衡和稳定的免疫保护作用; 在一定条件下, 当免疫功能失调时, 也会对机体产生有害的反应和结果, 如引发超敏反应、自身免疫病。

### (二) 免疫学的概念

免疫学是一门既古老又富有活力, 具有巨大发展潜力的新兴学科。早期的免疫学主要是研究机体对病原微生物的免疫力, 故属于微生物学的一个分支。随着研究的深入, 人们发现



许多免疫现象与微生物无关。20世纪70年代末期,由于细胞生物学、分子生物学、生物化学和遗传学等学科的发展及相互渗透,免疫学逐渐成为一门独立的学科。现代免疫学是研究机体免疫系统组织结构和生理功能的科学,主要涉及如下领域:免疫系统对抗原的识别及应答;免疫系统对抗原的排异效应及其机制;免疫功能异常所致病理过程及其机制;对抗原耐受的诱导、维持、破坏及其机制;免疫学理论在疾病预防、诊断和治疗中的应用等。

## 二、免疫的基本特性和功能

### (一) 免疫的基本特性

**1. 识别自身与非自身 (recognition of self and non-self)** 免疫功能正常的动物机体能识别自身与非自身的大分子物质,这是机体产生免疫应答的基础。动物免疫细胞(T淋巴细胞、B淋巴细胞)胞膜表面具有抗原受体,它们能与一切大分子抗原物质的表位(epitope)结合。免疫系统的识别功能相当精细,不仅能识别存在于异种动物之间的一切抗原物质,而且对同种动物不同个体之间的组织和细胞的微细差别也能加以识别,是一种亚分子水平的识别。

**2. 特异性 (specificity)** 动物机体的免疫应答和由此产生的免疫力具有高度的特异性,即具有很强的针对性,如接种新城疫疫苗可使鸡产生对新城疫病毒的抵抗力,而对其他病毒如鸡马立克病病毒则无抵抗力。

**3. 免疫记忆 (immunological memory)** 免疫具有记忆功能。动物机体在初次接触抗原物质时,除刺激机体形成产生抗体的细胞(浆细胞)和致敏淋巴细胞外,也形成了免疫记忆细胞,如再次接触相同抗原物质可产生更快、更强的免疫应答。如动物患某种传染病康复后或使用疫苗接种后,可产生长期的免疫力,这与免疫记忆相关。

### (二) 免疫的基本功能

机体免疫系统通过识别自己与非己异物,并对其产生应答,主要发挥如下三大基本功能。

**1. 免疫防御 (immune defense)** 即抗感染免疫,主要指机体针对外来抗原(如微生物及其毒素)的免疫保护作用。在异常情况下,此功能也可能对机体产生不利影响,表现为:若应答过于强烈或持续时间过长,则在清除抗原的同时,也可能导致组织损伤和功能异常,如发生超敏反应;若应答过低或缺如,则可发生免疫缺陷病。

**2. 免疫稳定 (immune homeostasis)** 免疫系统内存在极为复杂而有效的调节网络,借此实现免疫系统功能的相对稳定性。该机制若发生异常,可能使机体对“自己”或“非己”抗原的应答过强或过弱,从而导致自身免疫病的发生。

**3. 免疫监视 (immune surveillance)** 由于各种体内外因素的影响,正常个体的组织细胞也可不断发生畸变和突变。机体免疫系统可识别此类细胞并将其清除,这一功能称为免疫监视。若该功能发生异常,可能导致肿瘤的发生或持续的病毒感染。

## 三、免疫学发展简史

免疫学是人类在与传染病斗争过程中发展起来的。从11世纪,中国人接种“人痘”预防天花的正式文字记载算起,直至今日,免疫学发展已经历近10个世纪。它和其他自然科学一样,都经历了经验阶段、实验阶段和理论阶段。在发展的各个阶段中,有所重叠,难以